



*Consiglio Nazionale delle Ricerche*

*Di Cagno M., Dragone V., Polemio M., Virga R.*

**CARATTERI IDROGEOLOGICI DELLE  
SORGENTI CIRCOSTANTI IL LAGO DI  
LESINA (GARGANO)**

CENTRO DI STUDIO  
SULLE RISORSE IDRICHE  
E LA SALVAGUARDIA  
DEL TERRITORIO  
BARI

Rapporto Tecnico Interno

Nr. 60 - Dicembre 1999

# CARATTERI IDROGEOLOGICI DELLE SORGENTI CIRCOSTANTI IL LAGO DI LESINA (GARGANO)

DI CAGNO M., DRAGONE V., POLEMIO M., VIRGA R.

## 1. Inquadramento geologico

Il massiccio montuoso del Gargano si sviluppa, con forma a gradinata, da una quota di pochi metri sul livello del mare a poco oltre i 1000 m in corrispondenza del Monte Spigno, Monte Calvo e Montenero (Fig.1).

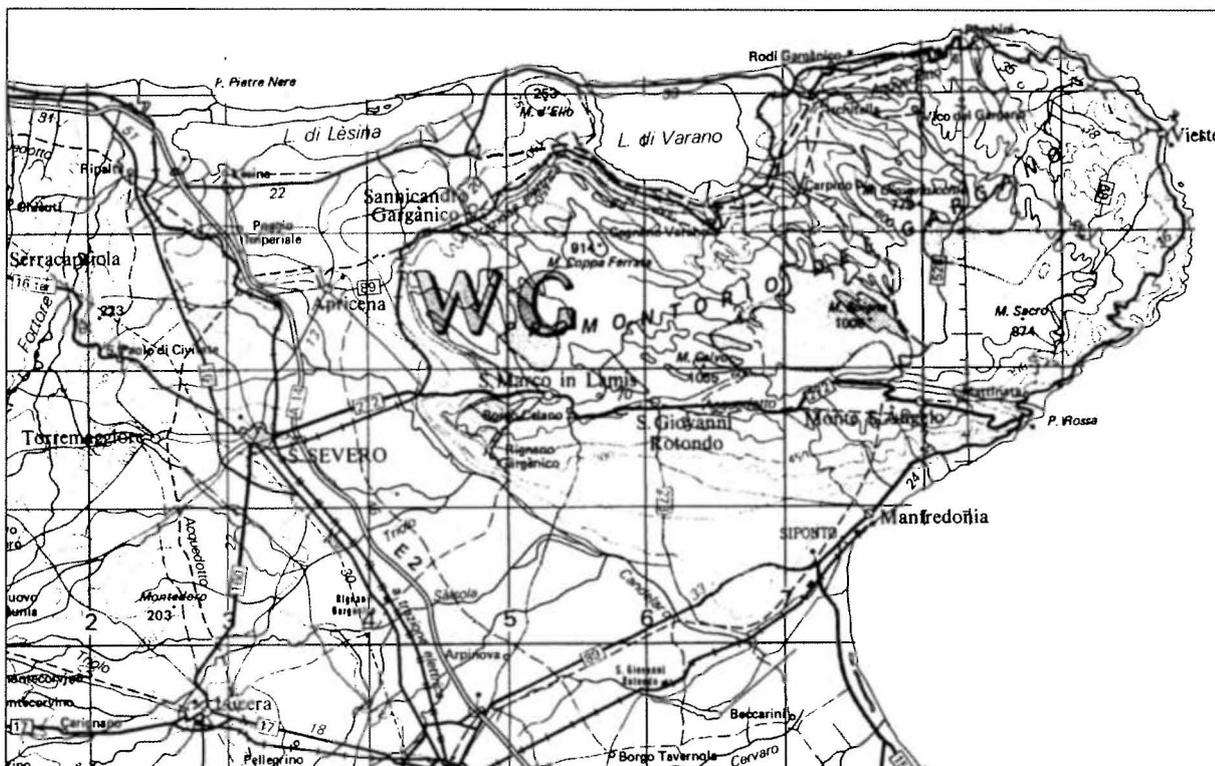


Fig. 1 – Stralcio planimetrico (Foglio 321C IGM)

L'ossatura del Gargano è costituita da una potente successione carbonatica, di età giurassico-cretacea, il cui spessore esatto è difficilmente valutabile a causa della collocazione topografica e dell'intensa erosione cui l'area è stata sottoposta. In base alla stratigrafia desunta da pozzi, è stato possibile stimare una potenza di 3.000-3.500 m.

Il Promontorio Garganico appartiene al margine della Piattaforma Apula esterna, parte integrante dell'avampaese del sistema appenninico, formatosi per subduzione verso ovest della placca adriatica al di sotto della placca europea. La Piattaforma Apula è delimitata ad ovest dai sedimenti plio-pleistocenici di riempimento della Fossa Bradanica e ad est dal Bacino Ionico

(Grassi, 1974).

Nel Gargano è possibile distinguere, principalmente, due zone: la zona sud-occidentale, appartenente alla Piattaforma Apula esterna, in cui si rinvengono calcari e calcari dolomitici depositi in ambiente di scogliera e retroscogliera, e la zona nord-orientale, appartenente all'area di scarpata, base-scarpata e bacino, in cui affiorano calcari compatti bianchi con noduli di selce (*maiolica*) e calcari marnosi tipo "scaglia".

Al di sotto della suddetta successione è presente un complesso dolomitico-evaporitico dello spessore di alcune migliaia di metri, riferibile al Triassico sup., noto in letteratura come Formazione delle Anidridi di Burano, formatosi in ambiente di piattaforma intracontinentale carbonatico-evaporitica. Dal punto di vista litologico si tratta di anidridi cui sono associate, in quantità nettamente subordinata, dolomie, e raramente salgemma. Questi terreni si rinvengono in affioramento soltanto in località Punta delle Pietre Nere, in prossimità del Lago di Lesina, associate a calcari e marne di colore nero, particolarmente ricchi in fossili, e a rocce ultrabasiche (Bosellini et alii, 1993). Le Anidridi di Burano giacciono, probabilmente, su depositi terrigeni ricoprenti il basamento metamorfico-cristallino che, nell'area, sulla base dei dati forniti dai pozzi AGIP, si ipotizza presente a profondità variabile tra 8 e 10 km.

Al di sopra del complesso carbonatico si rinvengono, in discordanza, nel settore occidentale terreni miocenici, indicati come Calcareniti di Apricena e Pietra Leccese; nella parte meridionale, orientale e settentrionale si rinvengono calcareniti di modesto spessore del Pliocene medio-sup.

Nelle aree topograficamente depresse e nei bacini endoreici affiorano depositi continentali quaternari costituiti da detrito di falda, alluvioni e terra rossa; mentre lungo la fascia costiera si ritrovano dune e sedimenti marini terrigeni e coperture fluvio-lacustri pleistocenici e olocenici.

## **2. Assetto strutturale**

L'elaborazione delle prospezioni aeromagnetiche eseguite dall'AGIP ha messo in evidenza che l'area garganica si trova su di un importante alto strutturale del basamento carbonatico. Dal punto di vista strutturale il Gargano viene interpretato come una anticlinale con asse orientato grossomodo E-W, intersecata da una rete di faglie che l'hanno suddivisa in numerosi horst e graben secondari, delimitata sui lati settentrionale, meridionale e sud-occidentale da faglie inverse. Il corpo centrale è delimitato, a sua volta, da quattro faglie trascorrenti.

La tettonica che ha determinato le strutture garganiche si è esplicata in più fasi a partire dall'Eocene-Oligocene fino al Pliocene. Si ipotizza una prima fase plicativa, avvenuta tra Eocene-Oligocene ed il Miocene, dovuta alle spinte di compressione del fronte dinarico e responsabile delle strutture anticlinali con asse orientato est-ovest e vergenza a sud. A questa segue una seconda

fase pliocenica, legata alle compressioni connesse alla catena appenninica, in seguito alla quale si sono individuate o accentuate faglie trascorrenti variamente orientate. I principali elementi tettonici riconosciuti nel Gargano sono rappresentati da faglie prevalentemente dirette, orientate NW-SE, NE-SW, N-S e E-W, di cui alcune anche trascorrenti, a cui sono associate strutture ad horst e graben, anticlinaliche e monocliniche (Ortolani & Pagliuca, 1989).

Testimonianza dell'intensa attività delle suddette faglie è la sismicità dell'area garganica, i cui epicentri sono per lo più concentrati nella zona centro-orientale della faglia trascorrente della Val Carbonara (Faglia di Mattinata). Queste faglie delimitano la regione garganica che viene, così, ad identificarsi come una sorta di "graben trascorrente". Il movimento di tale zolla sulla sottostante Formazione delle Anidridi di Burano, riferibile, probabilmente, al Miocene sup., potrebbe essere attribuito alle forti spinte che il fronte delle falde appenniniche esercita nella zona tra Apricena e la Valle di Stignano. Il movimento di trascorrenza ha chiaramente prodotto nelle masse rigide una fratturazione molto fitta ed intensa, soprattutto nelle zone più profonde del promontorio. Queste discontinuità rappresentano la causa principale del carsismo superficiale e profondo, prove ne sia che nei corpi rocciosi circostanti, meno soggetti a stress, le manifestazioni carsiche sono minori, o del tutto assenti. (Guerricchio, 1983).

### **3. Inquadramento climatico**

Il Gargano presenta, nel complesso, il tipico clima mediterraneo caratterizzato da lunghi periodi di siccità nel semestre aprile-settembre, soprattutto nelle aree situate alle quote minori, dovuti all'influenza di masse d'aria calda e da periodi di intensa piovosità nel semestre ottobre-marzo, in particolar modo nelle aree montane e boscate, legati alla presenza di venti meridionali carichi di umidità (Ranieri, 1947).

In base ai dati pluviometrici, raccolti dagli annali redatti dal Servizio Idrografico e Mareografico Italiano, relativi al periodo 1921- 1994, il totale medio delle piogge annuali è risultato pari a 730 mm, valore di poco superiore a quello misurato nell'intero territorio pugliese.

Nella distribuzione delle piogge un ruolo rilevante è rappresentato dall'altitudine e dall'esposizione dei versanti. La correlazione quota-pioggia è visualizzata nel diagramma di Fig.2.

Tab.1: Elenco stazioni climatiche del Gargano

Stazione	Tipo stazione	Quota m slm	Pioggia med.annua
Manfredonia	P/T	2	438.56
Lesina	P/T	5	622.02
Vieste	P/T	25	550.51
Masseria Macallè	P	32	473.73
S. Severo	P/T	87	514.79
Cagnano Varano	P	150	787.54
Sannicandro Garganico	P	224	802.63
Vico Garganico	P	450	809.70
S. Giovanni Rotondo	P/T	557	865.44
S. Marco in Lamis	P	560	923.59
Bosco Umbra	P/T	750	1184.13
Monte S. Angelo	P/T	843	777.41

P = stazione pluviometrica  
T = stazione termometrica

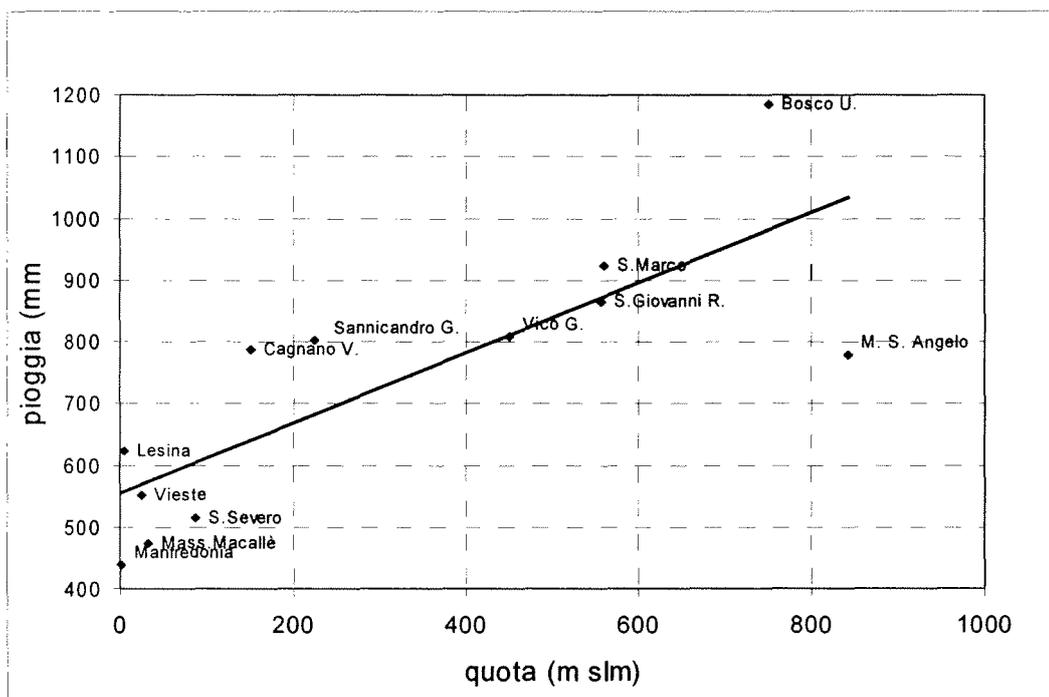


Fig. 2: Retta di regressione quota-piuvosità

La correlazione lineare ben funziona per tutte le stazioni considerate, ad eccezione della stazione pluviometrica di M. S. Angelo: in essa non si registrano le massime precipitazioni pur trovandosi alla quota di 843 m slm, massima tra quelle osservate. Questo comportamento trova giustificazione nel fatto che la suddetta stazione è ubicata al margine sud-est di un'altura delimitata inferiormente dall'isoipsa 750 e coperta a nord-ovest dagli alti rilievi di Monte Nero, Monte Calvo e Monte Spigno, i quali favoriscono le precipitazioni meteoriche dovute alle masse d'aria umida

portate dai venti di nord e nord-ovest, che quindi interessano prevalentemente il versante settentrionale (Ranieri, 1947). Prova ne sia che nella stazione pluviometrica di Bosco Umbra, ubicata solo a 750 m ma sul versante settentrionale, si registrano i massimi pluviometrici.

La media delle temperature annuali misurate nel Gargano, in tutte le stazioni termometriche del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano, considerate è pari a 14.4°C.

La temperatura è strettamente correlata con l'altitudine, così come evidenziato dal diagramma di Fig.3 in cui il valore del grado di accostamento,  $R^2=0,9$ , indica l'alto livello di adattamento della funzione teorica di regressione alla serie empirica dei dati osservati.

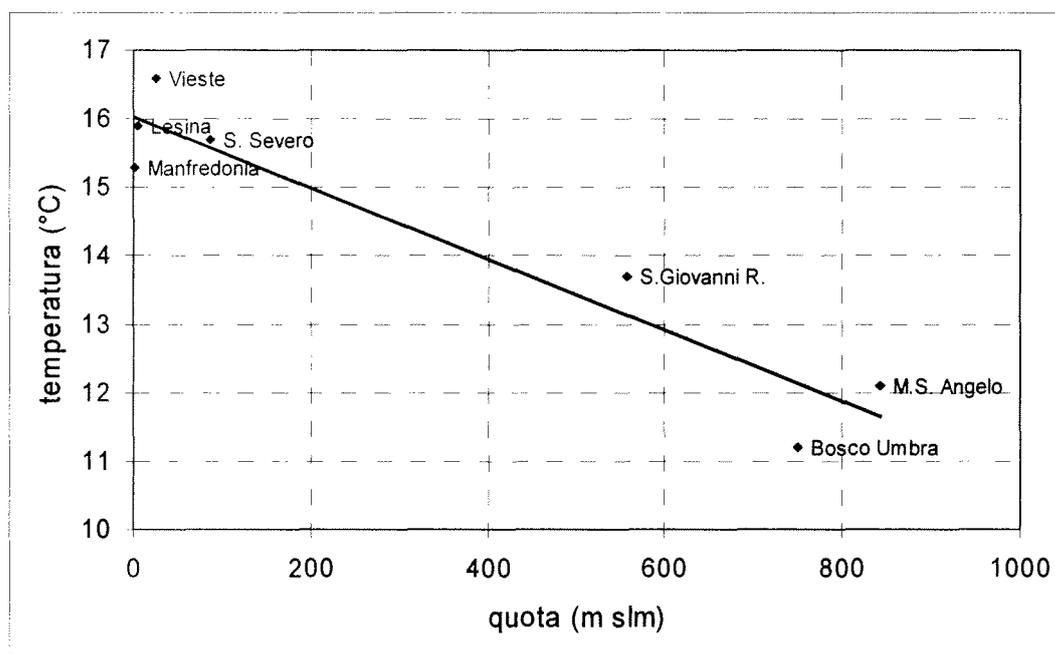


Fig. 3: Retta di regressione quota-temperatura.

#### 4. Idrogeologia

La natura carsica del sottosuolo rende il Gargano privo di idrografia superficiale. Il fenomeno carsico si manifesta con maggiore intensità nelle masse calcaree e calcareo-dolomitiche che costituiscono la parte centrale ed occidentale del promontorio in cui affiorano depositi di scogliera e retroscogliera; di conseguenza queste aree costituiscono la principale zona di alimentazione dell'intera unità idrogeologica garganica poiché presentano le migliori caratteristiche di permeabilità riscontrate nell'area, conferite dall'elevato grado di fratturazione di origine tettonica e fessurazione per dissoluzione chimica.

Nel Gargano orientale, invece, la permeabilità è minore a causa della presenza di depositi di scarpata, quali calcari a liste e noduli di selce intercalati a livelli argillosi e marnosi, in cui il carsismo è poco sviluppato.

Esistono chiaramente porzioni di acquifero, variamente carsificate e fessurate, caratterizzate da valori intermedi della permeabilità.

Ai fini idrogeologici possiamo associare qualitativamente a ciascuna facies, corrispondente ai diversi ambienti deposizionali individuati nell'areale garganico, un differente grado di permeabilità, come sintetizzato nella seguente tabella:

*Tab. 2: Grado di permeabilità*

<b>FACIES</b>	<b>PERMEABILITÀ</b>
RETROSCOGLIERA	MEDIA
SCOGLIERA	ALTA
TRANSIZIONE	MEDIO-BASSA
AVANSCOGLIERA	BASSA

È comunque da porre in rilievo che il grado di permeabilità delle rocce dipende principalmente dalla permeabilità secondaria. Un esempio viene fornito dalle sorgenti che scaturiscono dai calcari con selce, classificati come poco permeabili, affioranti tra Vieste e Testa del Gargano: essi sono interessati da fessure attraverso cui fluisce una grande quantità di acqua, proveniente dai calcari molto permeabili posti immediatamente a ridosso (Cotecchia & Magri, 1966).

L'acquifero garganico è di tipo costiero, con la falda d'acqua dolce che galleggia sull'acqua marina di invasione continentale.

L'asse principale del promontorio, costituito dall'allineamento S.Severo – Vieste, coincide grossomodo con lo spartiacque principale per la circolazione idrica sotterranea che avviene in pressione in un acquifero situato ad oltre cento metri al di sotto del livello del mare. I gradienti piezometrici variano dallo 0,01% al 7%. Le zone dell'ammasso roccioso interessate dalla circolazione idrica sono risultate molto profonde e all'incirca pari a 700-800 m dal p.c.. Questa condizione è da ricercare nella presenza di giunti e cavità beanti a sviluppo prevalentemente verticale cosicché le acque di ricarica percolano rapidamente, attraverso questi, verso gli strati più profondi nei quali il flusso idrico sotterraneo si esplica prevalentemente in direzione orizzontale. In tal modo, al di sotto di una potente zona non satura si ritrova un acquifero di spessore molto contenuto e dell'ordine di poche decine di metri.

La falda idrica sotterranea è alimentata principalmente dalle acque meteoriche che si infiltrano in corrispondenza del settore centrale ed occidentale del massiccio garganico; il contatto con le acque di intrusione marina è stato osservato soltanto in limitate aree ubicate in prossimità della costa (Zezza et alii, 1996).

Le sorgenti, generalmente di acqua salmastra, si raggruppano lungo limitati e definiti tratti di costa, soprattutto in corrispondenza dei laghi di Lesina e Varano, presso l'abitato di Manfredonia e a sud di Testa del Gargano. La portata media complessiva delle sorgenti note è di circa 5 mq/s. A questa va aggiunta l'aliquota, difficilmente quantificabile, rappresentata dalle numerose polle sgorganti direttamente a mare (Cotecchia V. & Magri G., 1966).

### 5. Sorgenti circostanti il lago di Lesina

Nel presente studio sono state considerate le tre principali sorgenti (S.Nazario, Zanella e Lauro) ubicate nel settore nord-occidentale del Gargano, all'interno del comprensorio del lago di Lesina; la loro portata complessiva è di circa 750 l/s. Nella stessa area sgorgano, inoltre, diverse manifestazioni sorgentizie la cui portata complessiva è stata stimata pari a circa 1140 l/s (Cotecchia V. & Magri G., 1966).

I dati di portata (LL.PP., 1953) delle suddette sorgenti riguardano un periodo di tempo di circa 2 anni, dal luglio 1926 al giugno 1928 (Tab.3).

Tab.3: Portate sorgive

Data misura	S.Nazario Portata l/s	Zanella Portata l/s	Lauro Portata l/s	S.Marco in Lamis Pioggia (mm)
24/7/26	237.0		410.0	154
26/8/26	226.0		375.0	33
22/9/26	191.0	129.0	365.0	55
22/10/26	218.0	120.0	376.0	42
27/11/26	219.0	124.0	340.0	72
17/12/26	230.0	142.0	308.0	165
19/1/27	312.0	145.0	396.0	145
1/2/27				28
22/3/27	263.0	180.0	515.0	77
25/4/27		134.0	382.0	41
1/5/27				76
4/6/27	217.0	100.0	356.0	14
23/7/27	216.0	110.0	298.0	1
27/8/27	172.0	99.0	258.0	26
24/9/27	166.0	84.0	214.0	58
29/10/27	100.0	61.0	294.0	128
26/11/27	182.0	97.0	354.0	36
17/12/27	212.0	112.0	488.0	329
1/1/28				60
17/2/28	217.0	154.0		41
1/3/28				175
17/4/28	255.0	142.0	395.0	101
12/5/28	269.0	132.0	367.0	72
15/6/28	169.0	125.0	499.0	18

Per ciascuna serie sono stati calcolati i valori della portata media, massima e minima, relativamente al periodo di osservazione esaminato (Tab.4).

Tab.4: caratteri statistici delle sorgenti

Sorgente	Portate min. (l/s)	Portata max (l/s)	Portata media (l/s)	Ind. Meinzer (%)
S. Nazario	100	312	216.8	98
Zanella	61	191	128.2	101
Lauro	214	573	391.4	92

La variabilità delle portate sorgive, relativamente al periodo di osservazione disponibile, è stata desunta mediante il calcolo dell'indice di variabilità di Meinzer, pari al rapporto fra la differenza tra portata massima e portata minima rispetto alla portata media (Tab.3). I valori ottenuti (all'incirca pari al 100%) permettono di classificare le suddette sorgenti come moderatamente variabili.

Il grafico di Fig.4 rappresenta l'andamento delle tre serie di portata: il regime evidenziato da tutte mostra analogo comportamento, con massimi nei mesi invernali e minimi nella stagione estiva. In particolare, nell'intero periodo di osservazione si riscontrano minimi assoluti in corrispondenza dell'intervallo agosto-ottobre 1927.

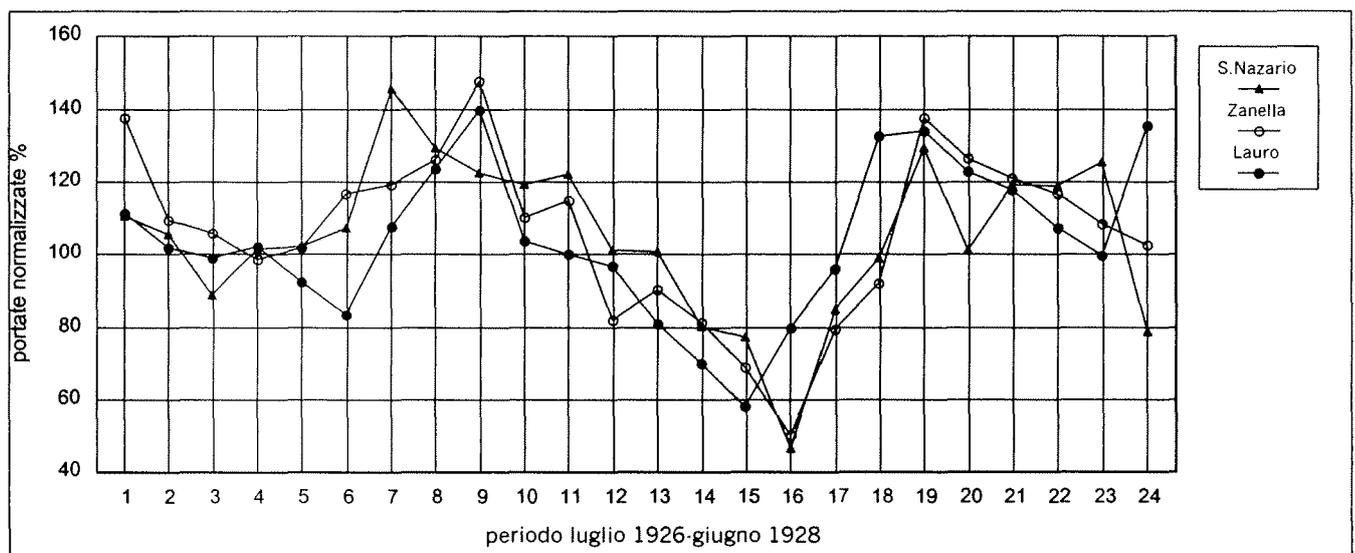
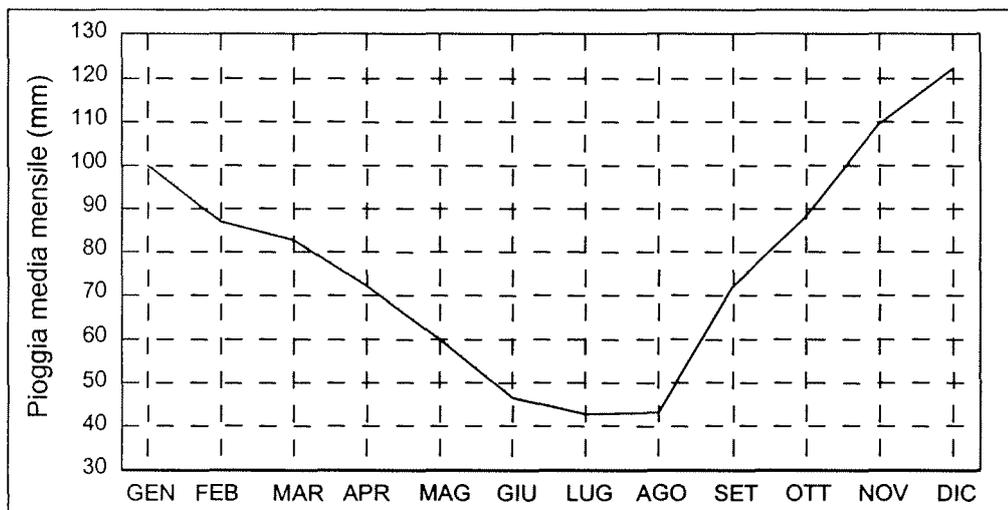


Fig.4: Serie delle misure di portata

Nella stessa zona, al fine di valutare i caratteri pluviometrici e termometrici dell'area circostante, sono stati analizzati valori relativi a 74 anni consecutivi di osservazione della stazione pluviometrica di S. Marco in Lamis (1921-1994), ubicata a circa 20 km dall'area, e della stazione termometrica di S. Giovanni Rotondo, a più di 25 km, per un periodo di osservazione, discontinuo, di 46 anni (1926-1994).

Per ciascuna serie storica sono stati determinati i valori mensili ed annuali minimi, massimi e medi. In particolare, dal calcolo delle medie mensili è stato possibile rappresentare il regime

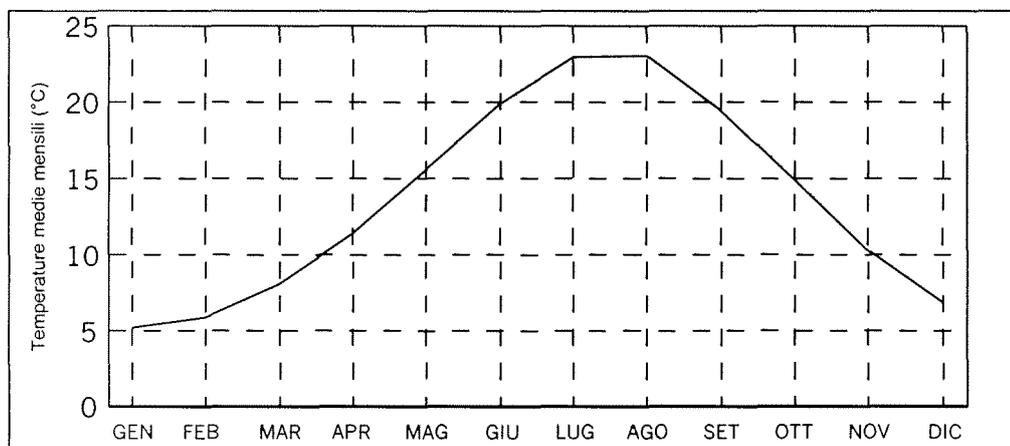
pluviometrico caratteristico dell'area di influenza della stazione esaminata (Fig.5).



*Fig. 5 Regime pluviometrico della stazione di S. Marco in Lamis*

Osservando il grafico si evince una piovosità maggiore nei mesi invernali, in particolare nel periodo settembre-marzo, con massimo assoluto nel mese di dicembre. Valori minimi vengono registrati in estate, tra aprile ed agosto, raggiungendo il minimo assoluto nel mese di luglio.

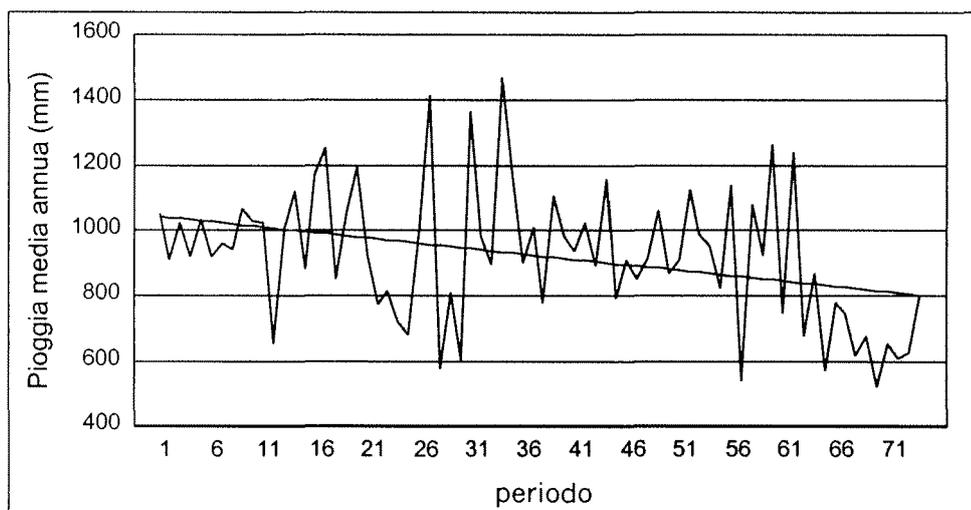
Analogamente è stato rappresentato anche il regime termometrico mediante le medie mensili calcolate per l'intero periodo di osservazione (Fig.6).



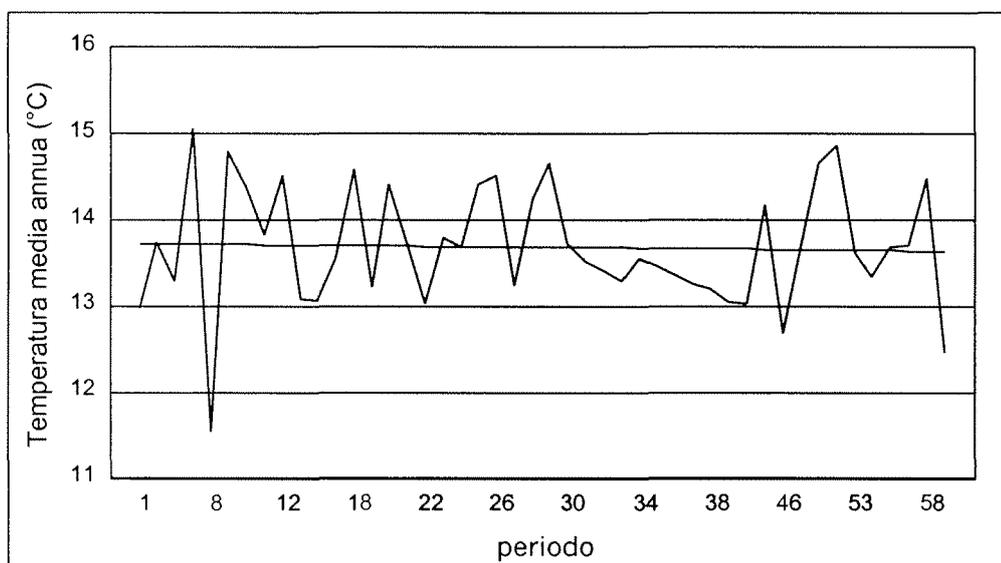
*Fig. 6: regime termometrico della stazione di S. Giovanni Rotondo*

L'esame del grafico evidenzia un regime termometrico che è quello tipico dell'area, con temperature massime nei mesi di luglio e agosto e minime tra dicembre e febbraio.

La fase successiva al calcolo delle statistiche elementari, utilizzate per una prima descrizione delle variabili climatiche, è consistita nel calcolo della componente tendenziale o trend del dato storico, al fine di evidenziare l'andamento della pioggia e della temperatura nel tempo (Fig.7 e Fig.8).



*Fig.7: Trend pluviometrico*



*Fig.8: Trend termometrico*

Detto trend è stato evidenziato calcolando, per entrambe le serie, una retta di regressione del tipo:

$$y = a + bx$$

dove i parametri  $a$  e  $b$  indicano rispettivamente la costante e il coefficiente di regressione lineare, che indica l'incremento o il decremento annuo della variabile.

Il decremento di piovosità calcolato è di circa 3 mm per anno desunto dal coefficiente di regressione pari a  $-3,305$  mm/anno. Dall'esame del trend termometrico nel corso degli anni osservati non si rilevano variazioni del regime termometrico significative in quanto il coefficiente di regressione assume valore pari a  $-0,001$ .

Si noti che il calo tendenziale della piovosità comporta, proiettato ad esempio per un periodo

di 50 anni, un calo di 165 mm, pari al 23% della piovosità media annua. Stante la forte correlazione tra piovosità e portate sorgive, che nel seguito si mostra, tale calo della piovosità non può che aver influito negativamente sul deflusso sorgivo.

### **5.1 Sorgente S. Nazario**

L'emergenza è costituita da varie polle, la cui portata media complessiva è di 220 l/s, che scaturiscono ai piedi di una collinetta rocciosa, estesa e degradante verso la campagna in prossimità della masseria S. Nazario, alla quota di circa 6 m slm.

Le acque sorgive sono caratterizzate da elevata temperatura (27 °C) in tutte le stagioni dell'anno e da un contenuto salino relativamente basso (2,5 g/l). I dati geologici e idrogeologici conosciuti permettono di ipotizzare che le acque di questa sorgente provengano da livelli acquiferi molto profondi, circa 2000 m, del basamento carbonatico mesozoico risalendo rapidamente attraverso discontinuità tettoniche verticali. Ciò consente alle acque di mantenere pressoché inalterato il proprio contenuto termico acquisito in profondità fino al momento in cui queste si miselano con le acque sotterranee più fredde e di recente infiltrazione provenienti dal massiccio carbonatico del Gargano (Maggiore & Mongelli, 1991).

Un'altra ipotesi sull'origine di queste acque calde è quella secondo cui le elevate temperature registrate potrebbero essere riconducibili ad una massa magmatica in via di raffreddamento presente nel settore marginale nord-occidentale del Promontorio. Parte di questa anomalia termica potrebbe, inoltre, derivare dal calore sviluppato dalla reazione esotermica di trasformazione dell'anidrite in gesso (Cotecchia & Magri, 1966).

### **5.2 Sorgente Zanella**

L'emergenza è rappresentata da piccole polle, la cui portata è di circa 130 l/s, scaturenti in una zona in prossimità della Sorgente S. Nazario, a quota di 5 m slm.

La temperatura delle acque misurata è di circa 17 °C (LL.PP., 1953).

### **5.3 Sorgente Lauro**

Tra le sorgenti considerate è quella caratterizzata dalle portate maggiori (portata media pari a  $Q_m=400$  l/s).

Essa è ubicata in località Torre Lauro, a circa 7 km dalla Sorgente S. Nazario, e si compone di due distinte manifestazioni idriche contigue che confluiscono in un canale emissario al lago di Lesina.

Si tratta di una sorgente di trabocco per sbarramento di un banco roccioso con depositi

impermeabili.

La temperatura delle acque all'emergenza è di circa 15°C, il contenuto salino è pari a 2,8 g/l (Cotecchia & Magri, 1966).

## 6. Elaborazioni statistiche

Nel diagramma di Fig.9 vengono confrontati i valori di portata normalizzati ottenuti rapportando ogni singolo valore alla media delle tre sorgenti nel periodo compreso tra luglio 1926-giugno 1928 con i dati di precipitazione misurati nella stazione di S. Marco in Lamis ubicata a circa 20 km dall'area d'interesse, ritenuta rappresentativa dell'area di ricarica dell'acquifero profondo del Gargano.

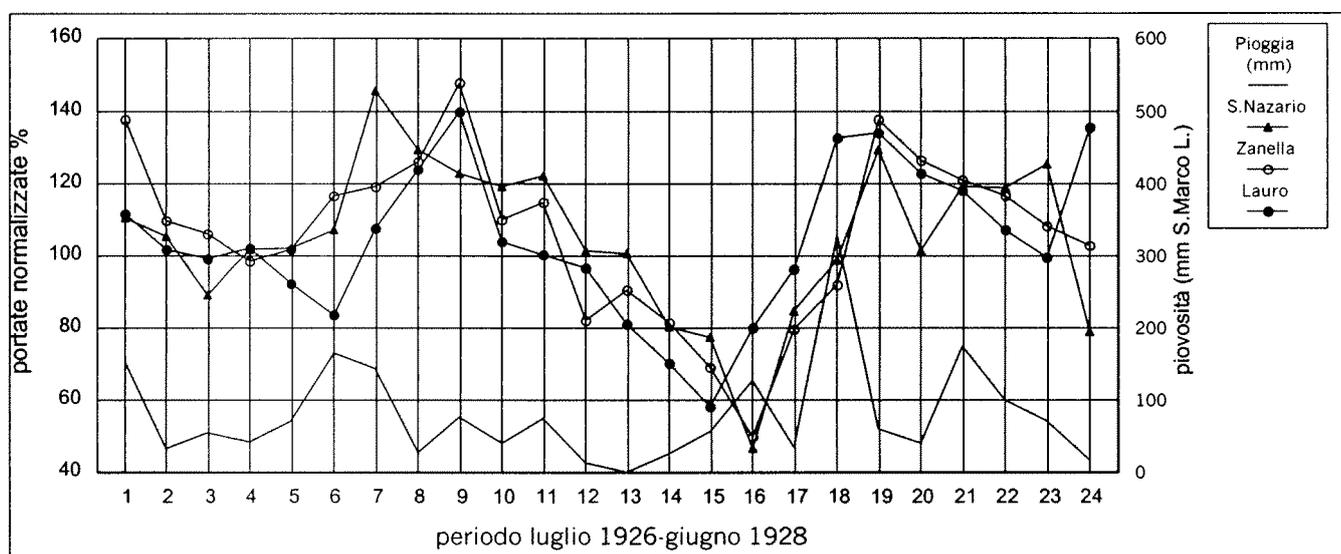


Fig.9: Confronto tra le serie delle misure di portata delle sorgenti e la piovosità misurata a S. Marco in Lamis

Il diagramma evidenzia andamenti facilmente correlabili delle portate e delle piogge. Appare qualitativamente evidente che la risposta in termini di variazioni di portata segua quella pluviometrica con un certo ritardo, circa due mesi.

Ad esempio, i minimi assoluti registrati per le portate sorgive nell'intervallo agosto-ottobre 1927 sono giustificati dalla notevole diminuzione delle precipitazioni nei due mesi precedenti.

Si noti inoltre che le tre sorgenti manifestano un "comportamento idrologico" molto simile che potrebbe essere giustificato, in termini idrogeologici, con l'afferenza delle stesse ad un unico acquifero.

Al fine di determinare l'entità dei tempi di risposta delle emergenze idriche nei confronti delle piogge, si è proceduto al calcolo della cross-correlazione esistente tra queste due variabili (Fig. 10-11-12).

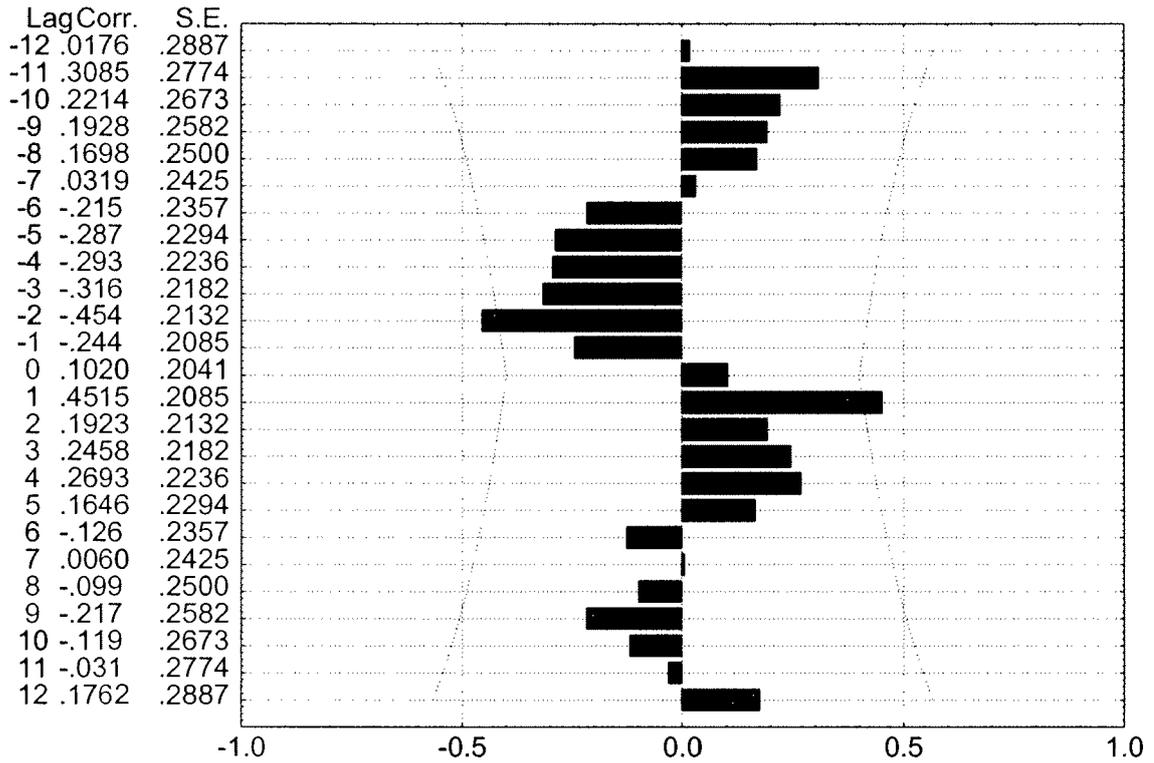


Fig. 10: Cross-Correlazione portata-piovosità per la sorgente S. Nazario e la stazione di S.Marco in Lamis

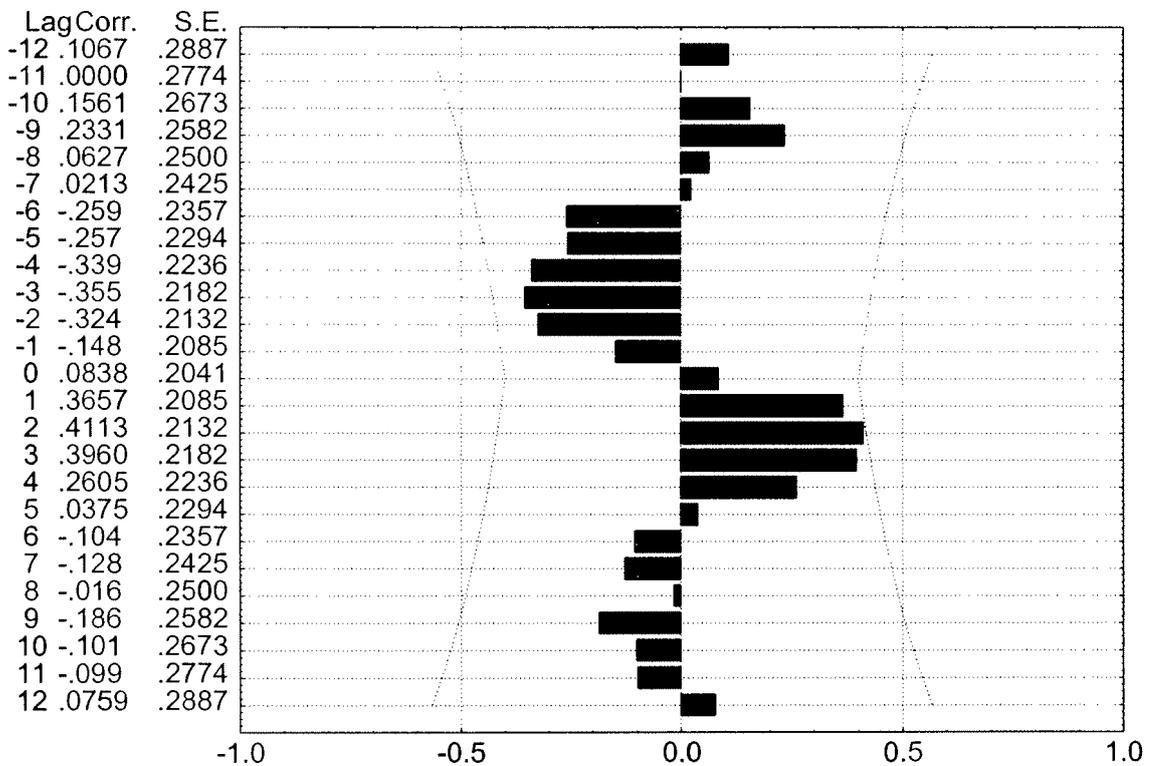


Fig. 11: Cross-Correlazione portata-piovosità per la sorgente Zanella e la stazione di S.Marco in Lamis

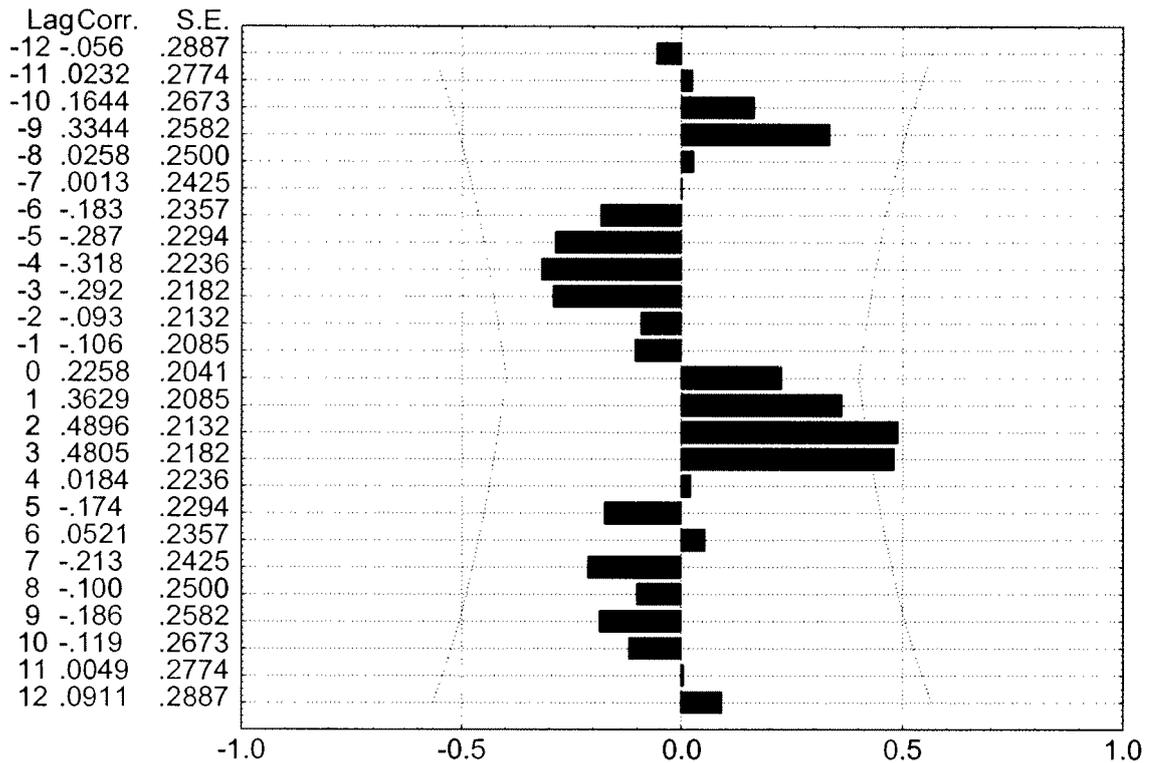


Fig. 12: Cross-Correlazione portata-piuvosità per la sorgente Lauro e la stazione di S.Marco in Lamis

La correlazione maggiore tra le due variabili è risultata con uno sfasamento di pochi mesi: 2 mesi per le sorgenti Lauro e Zanella e 1 mese per la sorgente S. Nazario. Risulta quindi confermato, in termini quantitativi, la notevole rapidità della risposta dell'acquifero garganico agli eventi pluviometrici.

Sulla base dei dati di portata disponibili sono state costruite le curve di esaurimento in regime non influenzato, secondo l'equazione di Maillet ( $Q_t = Q_0 e^{-\alpha t}$ ) relative alle singole sorgenti (Fig. 13-14-15); a tale scopo sono stati scelti i periodi dell'anno in cui le portate risultano più o meno regolarmente decrescenti e più precisamente il periodo marzo-settembre 1927 in quanto è risultato il più ricco di misure di portata. Le determinazioni che seguono devono ritenersi valide in prima approssimazione, dato che sono stati utilizzati misure con frequenza grossomodo mensile e non giornaliera.

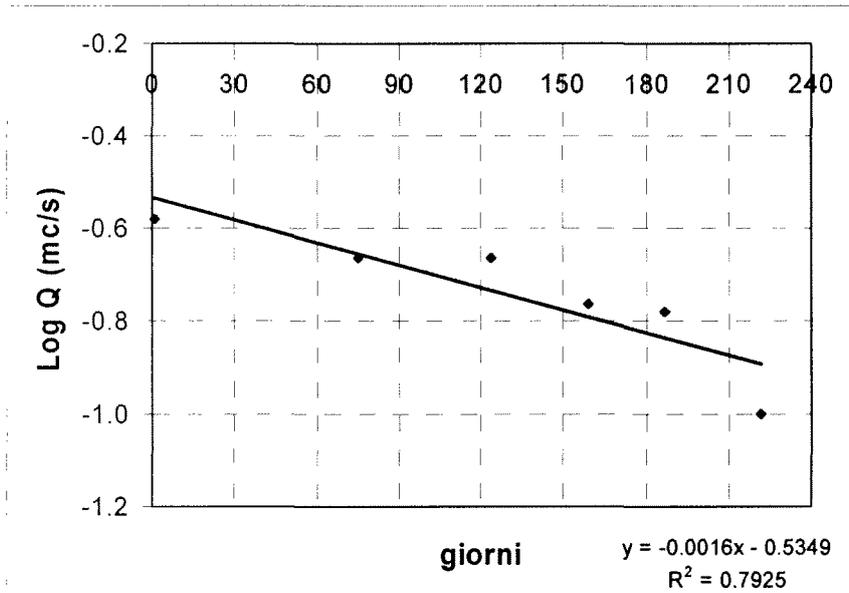


Fig.13: Curva di esaurimento della sorgente S. Nazario

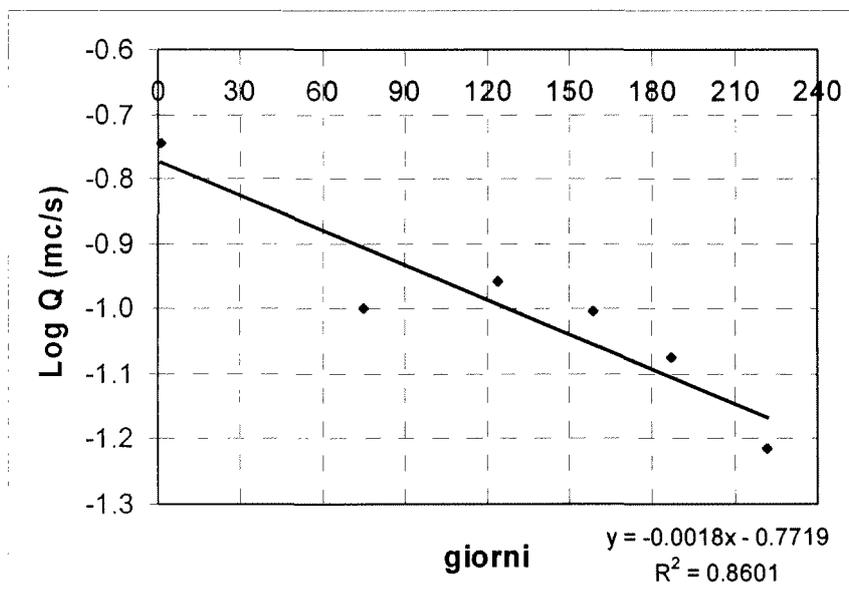


Fig. 14: Curva di esaurimento della sorgente Zanella

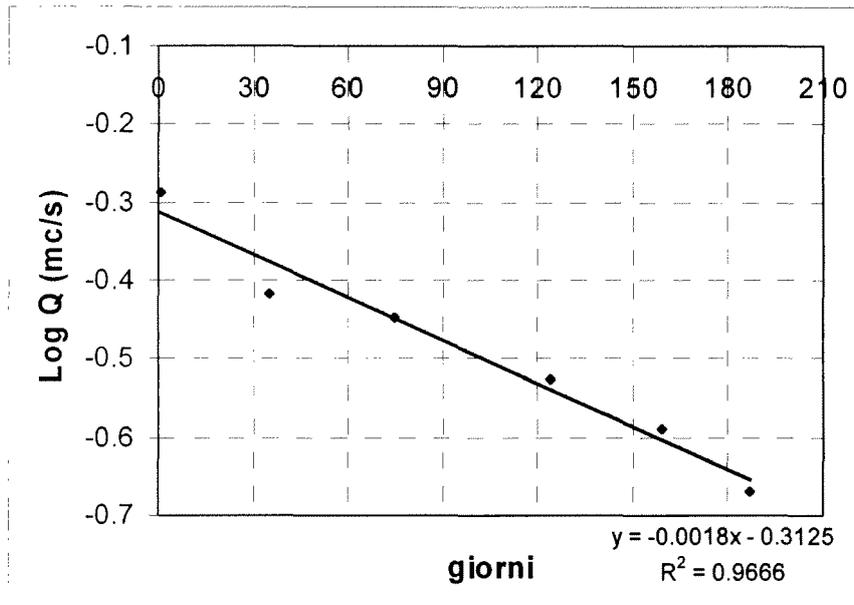


Fig.15: Curva di esaurimento della sorgente Lauro

I valori di portata in funzione dei tempi, posti su diagrammi semilogaritmici, hanno permesso di tracciare le curve di esaurimento e ricavare le relative equazioni attraverso il calcolo dei valori di  $\alpha$ .

I valori ottenuti per le sorgenti, relativamente al suddetto coefficiente, sono risultati molto simili e pari a circa 0,0016 per la Sorgente S.Nazario, 0,0018 per le sorgenti Zanella e Lauro; questo risultato sottolinea la comune alimentazione da parte della stessa falda. Considerato anche la notevole vicinanza delle tre emergenze, si è ritenuto utile costruire la curva di esaurimento globale (Fig. 16) ottenuta sommando i diversi valori di portata relativi alle tre scaturigini negli stessi periodi di tempo.

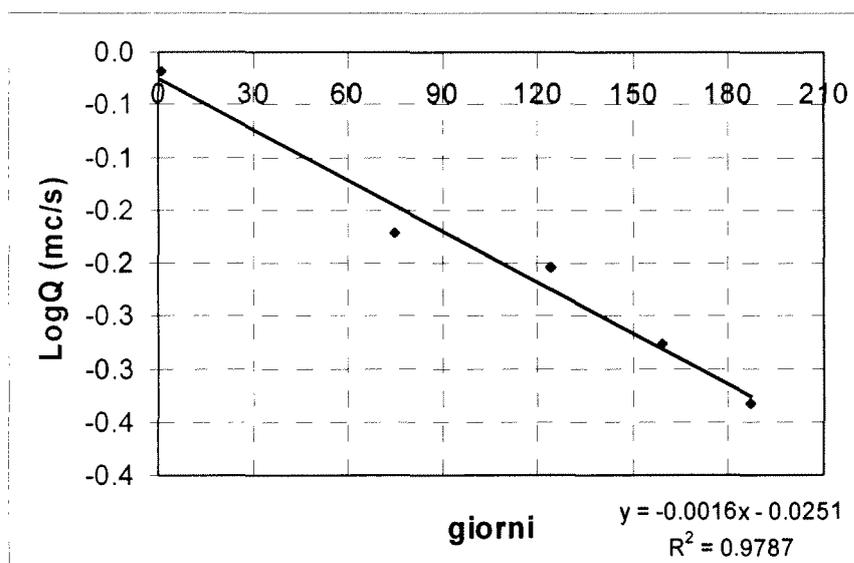


Fig.16: Curva di esaurimento complessiva

L'equazione della curva di esaurimento così ottenuta è:  $Q_t = 1,004 * e^{-0,0016 t}$ .

In questo ultimo caso il calcolo delle riserve regolatrici, o capacità di immagazzinamento, della falda all'inizio del periodo di esaurimento del gruppo sorgentizio, ha dato il seguente risultato:

$$W = (Q_0 * t) / \alpha = 5421600 \text{ mc.}$$

Infine, per avere indicazioni sull'estensione del bacino alimentante le sorgenti di interesse è stato preso come modello uno studio effettuato su tre sorgenti ubicate in un'area carsica friulana, per la quale erano disponibili dati relativi al coefficiente di esaurimento ed al valore del rispettivo bacino di alimentazione (Cucchi F. et alii).

Coefficiente di esaurimento di Maillet ( $\alpha$ )	Area bacino alimentazione ( $\text{km}^2$ )
0,03007	170
0,0069	230
0,0034	500

Dall'esame della tabella si osserva che al diminuire del valore del coefficiente di esaurimento aumenta l'estensione del bacino di alimentazione.

Nel diagramma di Fig. 17 è rappresentata la curva di regressione che esprime la relazione tra le suddette due variabili.

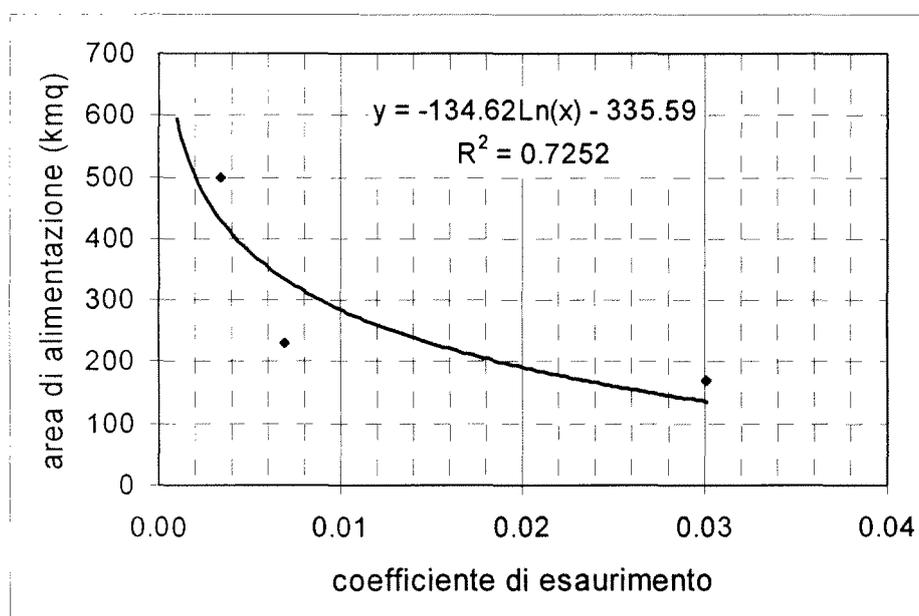


Fig.17: Relazione coefficiente di esaurimento-bacino di alimentazione

Mediante la curva di regressione calcolata è stato possibile effettuare una stima approssimativa dell'estensione areale del bacino alimentatore delle sorgenti oggetto di studio del

presente lavoro, pari a 530 kmq, circa il 25% dell'intera area dell'acquifero garganico.

## 7. Conclusioni

Nel presente studio sono stati analizzati i caratteri idrogeologici delle tre principali sorgenti presenti all'interno del comprensorio del lago di Lesina: S. Nazario, Zanella e Lauro.

Per l'area circostante sono stati descritti i principali caratteri climatici: piovosità e temperatura. Sono stati ritenuti rappresentativi dell'intera area i dati pluviometrici e termometrici registrati rispettivamente nelle stazioni di S. Marco in Lamis e S. Giovanni Rotondo.

Le precipitazioni meteoriche hanno mostrato un andamento tendenziale decrescente di circa 3 mm ogni anno.

Il regime delle portate delle tre sorgenti esaminate è risultato caratterizzato da portate minime nel periodo giugno-ottobre e massime tra novembre e aprile.

Dal confronto tra serie di portata delle sorgenti e le serie delle precipitazioni è emerso che tra esse esiste una forte correlazione con un ritardo di circa 2 mesi. Ciò permette, quindi, di valutare, in termini quantitativi, la notevole rapidità della risposta dell'acquifero garganico agli eventi pluviometrici.

Utilizzando i dati relativi al periodo di decremento delle portate sorgive sono state costruite le curve di esaurimento per ciascuna sorgente. I valori dei coefficienti di esaurimento calcolati sono risultati molto simili tra loro, questo ha permesso di evidenziare una comune alimentazione delle tre sorgenti da parte della stessa falda, giustificando l'elaborazione della curva di esaurimento complessiva.

Le riserve regolatrici ricavate sono risultate pari a 5,4 milioni mc.

Infine, grazie ad un confronto con uno studio effettuato su alcune sorgenti friulane è stato possibile stimare l'estensione areale del bacino alimentatore delle sorgenti esaminate, stima dimostratasi coerente con il modello idrogeologico dell'acquifero garganico, in corso di studio.

*BIBLIOGRAFIA*

Bosellini A., Neri C., Luciani V. (1993), *Guida ai carbonati cretaceo-eocenici di scarpata e di bacino del Gargano (Italia Meridionale)*. Annali dell'Università di Ferrara, 4, suppl., 1-77.

Cotecchia V. & Magri G. (1966), *Idrogeologia del Gargano*. Geologia Applicata e Idrogeologia, 1, Bari.

Cucchi F., Forti P., Giacconi M., Giorgitti F. *Note idrogeologiche sulle sorgenti del fiume Livenza*, Pubblicazione n.1831 del G.N.D.C.I. del CNR.

Grassi D. (1974), *Il carsismo della Murgia (Puglia) e sua influenza sull'idrogeologia della Regione*. Geologia Applicata e Idrogeologia, 9, 119-160, Bari.

Guerricchio A. (1982), *Strutture tettoniche di compressione nel Gargano di elevato interesse applicativo evidenziate da immagini da satellite*. Geologia Applicata e Idrogeologia, 18, I, 491-505, Bari.

LL.PP. (1953), *Le Sorgenti Italiane. Elenco e descrizione. Regione Pugliese*. Pubbl. n.14 del Servizio Idrografico, Vol. 1, Roma

Maggiore M. & Mongelli F. (1991), *Hydrogeothermal model of ground water supply to San Nazario spring – Gargano, Southern Italy*. Quaderni del Dip. di Geograf., 13, 307-324, Padova.

Meinzer O.E. (1932), *Outline of methods for Estimating Ground-water supplies*. Ibidem, Paper 638-C, Washington.

Ministero dei Lavori Pubblici – Servizio Idrografico – Sezione Autonoma di Bari: *Annali Idrogeologici* . Parte prima.

Ortolani F.& Pagliuca S. (1989), *Tettonica transpressiva nel Gargano e rapporti con le catene appenninica e dinarica* .Mem. Soc. Geol. It., 38, 13-44.

Ranieri L. (1947), *Il clima del Gargano*. Mem. Ist. Geograf., Bari.

Zezza F., Macri F., Polemio M. (1996), *Nuove conoscenze idrogeologiche del Gargano centrale* .  
Mem. Soc. Geol. It., 1037-1043.